

The Canadian Forest Fire Danger Rating System

A Canadian System Evaluates and Integrates Data to Help Managers Predict Wildland Fire Potential



By M.E. Alexander, B.J. Stocks and B.D. Lawson

The protection of life, property and natural resources from wildfires requires increasingly effective forest fire management. For effective deci-

sion making fire managers require some means of reliably evaluating and integrating the individual and combined factors influencing fire danger — a fire danger rating system.

Forest fire danger rating research in Canada was initiated by the federal government in 1925. Since that time, five different fire danger rating systems have been developed, each with increasing national applicability. The approach has been evolutionary, building on previous systems and

using field experiments and empirical analysis extensively.

Canada's current method of fire danger assessment is known as the Canadian Forest Fire Danger Rating System (CFFDRS), which took shape in the late 1960s when the Canadian Forest Service (CFS) envisioned a modular design for a national fire danger rating system.

The CFFDRS currently comprises two major subsystems, namely the Fire Weather Index (FWI) System and the Fire Behavior Prediction (FBP) System.

Weather input in fire danger rating

The first phase in the development of the national fire danger rating system, the FWI System, provides for the assessment of relative fire potential based solely on weather observations. This has now been in operational use for 25 years.

The FWI System's six components individually and collectively account for the effects of fuel moisture and wind on ignition potential and probable fire behavior in the form of relative numerical ratings.

Three fuel moisture codes reflect the fuel moisture content of fine surface litter (Fine Fuel Moisture Code — FFMC); loosely compacted duff of moderate depth (Duff Moisture Code — DMC); and deep compact organic matter (Drought Code — DC), respectively. The codes are in fact dynamic book-keeping systems that account for each day's precipitation and drying.

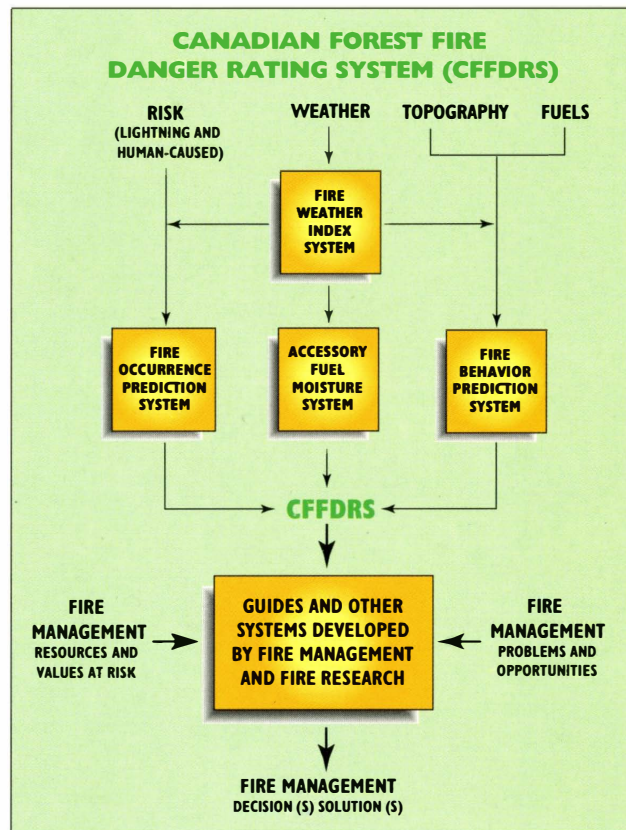
The fuel moisture codes plus wind are linked in pairs to form two intermediate and one final index of fire behavior. The Initial Spread Index (ISI) combines the effects of wind and fine fuel moisture content (FFMC). It represents a numerical rating of fire spread rate, without the influence of variable fuel quantity. The Buildup Index (BUI — based on the DMC and DC) represents a measure of the total fuel available for combustion.

The Fire Weather Index (FWI) component itself combines the ISI and BUI to indicate the potential intensity of a fire on level terrain in a stand of mature pine. Because jack pine and lodgepole pine forests form a more or less continuous band

across Canada, the concept of a standardized fuel type is reasonable.

FWI System components depend solely on daily measurements of: dry-bulb temperature, relative humidity, a 10-metre open wind speed and 24-hour accumulated precipitation, recorded at noon local standard time. Because calculation of the components depends solely on weather readings, they can just as easily be calculated from forecast weather to yield a fire danger forecast.

Each component of the FWI System conveys direct information about certain aspects of wildland fire potential. For example, the FFMC is a useful indicator of human-caused ignition probability, as is the DMC for lightning-caused ignitions. The DC and the BUI are excellent indicators of smouldering combustion or fire persistence in deep compact organic layers and hence of mop-up difficulty.



Simplified CFFDRS structure diagram illustrating the linkage to fire management actions.

The FWI itself is a good indicator of several aspects of fire activity and is best used as a measure of general fire danger for administrative purposes. However, it is impossible to communicate a complete picture of daily fire potential in a single number. The subsidiary components need to be examined as well for proper interpretation of past and current weather effects on fuel flammability.

Quantitative fire behavior prediction

The relative numerical values of the FWI System components have different meanings in different fuel types because the system was developed to rate fire potential in a generalized standard fuel type on a relative basis as opposed to an absolute sense. Fire behavior variation with fuel type is addressed, in quantitative terms, by the FBP System.

An incomplete interim edition of the FBP System was released for field testing and evaluation in 1984, although information from experimental burning projects and wildfire investigations was issued as it became available. Formal publication of the system was completed in 1992 and

represents the latest achievement by the CFS in the practical application of fire behavior knowledge and research experience for the general improvement of forest fire management in Canada.

The technical derivation of the FBP System rests on a sound scientific basis developed from real-world observation and measurement of numerous experimental fires,

coupled with many well-documented wildfires and operational prescribed fires, correlated against the weather-based fire danger indices of the FWI System or weather parameters for discrete fuel types. The FBP System is unique in that it incorporates the most extensive crown fire data set available anywhere.

The FBP System allows the user to predict the rate of spread (metres/minute), fuel consumption (kilograms/square metre) and intensity (kilowatts/metre) at the head, back or flanks of fires that are still accelerating following ignition or which have reached a steady-state condition with their environment. These characteristics are determined by the prevailing fire weather severity (based on wind velocity and certain FWI System components), fuel type, slope steepness, geographical location, elevation and calendar date. A general description of the type of fire is also given (for instance, surface fire, intermittent crowning or continuous crowning). A simple elliptical fire growth model is employed in estimating the size and shape of fires originating from a single ignition source as opposed to an established line of fire.

The FBP System's operation is based on a small number of readily available inputs. At present, 16 major Canadian benchmark fuel types are recognized in the system, a reflection of the empirical fire behavior data available in Canada.

The FBP System incorporates the best available information on forest fire behavior in Canada. Canadian fire managers are therefore in a good position to predict certain fire behavior characteristics with reasonable assurance for a wide range of burning conditions and excellent results have been reported with the system. The general response to the FBP System has been very positive as reported by nation-



Input from both manual and electronic fire weather network stations is used in the calculation of the FWI System components.

wide surveys conducted in 1992 and 1994 by the Canadian Committee on Forest Fire Management, the national body responsible for advising the federal government on wildland fire research needs.

Other subsystems

The development of a Canadian Forest Fire Occurrence Prediction (FOP) System is currently under consideration. This subsystem is envisioned as a national framework of both lightning- and human-caused fire components. Several approaches to predicting area-specific numbers of lightning- and human-caused fires (employing one or more of the FWI System components) are now being used on an operational or experimental basis in several Canadian provinces and territories. Research studies on the fundamentals of ignition and prediction of fire occurrence have been completed or are nearing completion.

The primary role of the CFFDRS's Accessory Fuel Moisture System (AFMS) is to supplement or support special applications and requirements of the three major subsystems. This subsystem includes fuel-specific moisture codes not represented by the standard codes in the FWI System. Other adjustments for landform characteristics, latitude, season, time of day and other factors will also be included. Given the variety of fuel situations and fire danger rating requirements in Canada, development of the AFM System is a continuing process.

Applications

The CFFDRS remains one of the few nationally implemented fire danger rating systems in the world. This fact is testimony to the quality of fire research and the technology transfer efforts of the CFS. Daily calculations of system components are made from data recorded at more than one thousand weather stations across Canada. Some current uses of the danger rating system include:

- fire behavior training;
- prevention planning (e.g., informing the public of impending fire danger, regulating access and risk associated with public and industrial forest use);
- preparedness planning (level of readiness and pre-positioning of suppression resources);
- detection planning (e.g., lookout manning and aircraft routing);
- initial attack dispatching;
- suppression tactics and strategies on active wildfires;
- escaped fire situation analysis; and
- prescribed fire planning and execution.

The CFFDRS is also being used increasingly by other wildland fire researchers and environmental scientists for applications ranging from fire suppression effectiveness

and fire growth modelling to analyses of fire regimes and potential impacts of climate change.

Although the CFFDRS was designed for Canadian use, several other countries have adopted system modules and/or its research philosophy as the basis for their own system of fire danger rating, most notably New Zealand, Fiji and the State of Alaska (U.S.). Evaluations of the System have also been undertaken recently in Croatia, China, Russia, Chile and the State of Michigan (U.S.).

Decision support systems

Fire management information systems exploit advances in computerized information handling, automatic remote collection and transmission of fire weather data, and automatic lightning detection and recording networks. The value of such technologies depends, in part, on the CFFDRS to integrate the information and provide fire managers with near-real-time fire occurrence and behaviour prediction capability.

Conceptually, the CFFDRS deals with the prediction of fire potential from point-source weather measurement (i.e., a single fire weather network station). The system deals primarily with day-to-day variations in the weather, but will accommodate variations through the day as well. The system does not account for spatial variation in weather elements between points of measurement; such interpolation must be handled by models and guidelines external to the CFFDRS.

In operational practice, fire weather and fire danger forecasting procedures have been devised to integrate point-source measurement of the system's components over time and space. Spatial variation in fuels and terrain is a fire management information problem not easily handled by a fire danger rating system unless it can be



Information gathered from both experimental fires and wildfires was used in developing the FBP System.

linked to a computer-based geographic information system which stores, updates and displays land base information in ways directly usable by the fire manager. Geographic information systems for fire management are in use in nearly all regions of Canada. For example, the Intelligent Fire Management Information System (IFMIS), developed by the CFS, is employed by provincial fire management agencies in Alberta and Saskatchewan.

Outlook

Fire management agencies will expand their application and training programs based upon advances in the CFFDRS. The responsibility for its continued development rests with the CFS, which maintains liaison with a variety of agencies to ensure research, development and application of the system continues in a timely and relevant manner. Further additions and improvements will require continued research, testing and feedback from the field.

Effective use of fire occurrence and fire behaviour prediction systems requires improvements in fire weather

forecasting, data collection and information handling capability. Computerized decision aids which include advances in artificial intelligence and expert systems will become prominent in fire management with outputs from the CFFDRS forming an integral part of any new knowledge-based system. This much is certain – Canada's national forest fire danger rating system will evolve in future years to reflect the needs of fire management agencies. The result will be demonstrable improvement in the effectiveness of forest fire management in Canada.

Further information on the CFFDRS is available on the Internet at <http://www.nofc.forestry.ca/fire/cwfis.html>



Marty Alexander, Brian Stocks and Bruce Lawson are members of the Canadian Forest Service's fire management science and technology network, located in Edmonton, Alta., Sault Ste. Marie, Ont. and Victoria, BC respectively. The authors acknowledge the contributions made by other CFS fire research staff in the development of the CFFDRS.

Méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt

La méthode canadienne aide
les gestionnaires à prévoir
les risques d'incendie de forêt



par M.E. Alexander,
B.J. Stocks et B.D. Lawson

La protection des vies, des biens et des ressources naturelles doit être gérée avec plus d'efficacité. C'est la raison pour laquelle les

gestionnaires demandent des moyens d'intégrer et d'évaluer les données influençant les risques d'incendie. D'où le bien-fondé d'une méthode d'évaluation des dangers d'incendie de forêt.

En 1925, le gouvernement fédéral a entrepris des recherches sur l'évaluation des risques d'incendie de forêt. Il a établi cinq méthodes d'évaluation différentes, chacune ayant une applicabilité nationale croissante. Il a adopté une approche évolutive s'appuyant sur les méthodes précédentes et faisant appel aux analyses

concrètes et empiriques.

L'actuelle méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt (MCEDIF) a pris forme à la fin des années 60 lorsque le Service canadien des forêts (SCF) a retenu la conception modulaire d'un système d'évaluation des feux de forêt.

La MCEDIF comprend deux sous-systèmes importants, l'indice Forêt-Météo (IFM) et la méthode canadienne de prévision du comportement des incendies de forêt (PCI).

Données météo

Pièce maîtresse d'une méthode

nationale d'évaluation des dangers d'incendie, le système IFM permet l'estimation du potentiel d'incendie relatif basé uniquement sur les observations météo. On utilise ce système depuis maintenant 25 ans.

Les six composantes du système IFM tiennent compte des effets du vent et de l'humidité des combustibles pour fournir des évaluations numériques relatives.

Trois indices reflètent la teneur en humidité du combustible léger (ICL), de l'humus organique compacte profonde (IS – indice de sécheresse).

Les indices d'humidité des combustibles sont jumelés au vent pour former deux indices intermédiaires et un indice final du comportement d'incendie. L'indice de propagation initiale (IPI) combine les effets du vent et de l'indice ICL. Il représente une évaluation numérique du taux de propagation d'incendie, sans l'influence de la quantité de combustible. L'indice du combustible disponible (ICD) – basé sur les IH et IS – donne une mesure du combustible disponible pour la combustion.

La composante IFM combine les IFI et ICD afin d'indiquer l'intensité potentielle d'un incendie sur un terrain plat peuplé de pins matures. Puisque les forêts de pin gris et de pin tordu forment une bande plus ou moins continue à travers le Canada, le concept d'un type de combustible normalisé est donc raisonnable.

Les composantes du système IFM dépendent seulement des mesures quotidiennes de la température du réservoir sec, de l'humidité relative,

de la vitesse du vent sur une étendue de dix mètres et des précipitations accumulées en 24 heures. Le système IFM est en soi un bon indicateur de plusieurs aspects d'un incendie, mais il sert surtout à mesurer le danger d'incendie général à des fins de gestion. Cependant, on ne peut avoir une vue complète du potentiel d'incendie quotidien à l'aide d'une seule donnée mathématique. On doit examiner les composantes

indices IS et ICD sont d'excellents indicateurs de feux couvants ou de la persistance d'un feu dans les couches organiques compactes profondes et, par conséquent, de la difficulté de nettoyage.

Prévision quantitative

Les valeurs numériques relatives des composantes du système IFM ont des sens variés selon les différents types de combustible, car le système évalue le potentiel d'incendie d'un type de combustible sur une base relative. Le système PCI exprime quantitativement les différents comportements des incendies selon les types de combustible.

En 1984 était lancée une version intermédiaire incomplète du système PCI à des fins d'évaluation et d'essai sur le terrain, quoique l'on communiquait, à mesure qu'elle était connue, l'information provenant des expériences de brûlage et des enquêtes sur les incendies de forêt. La publication officielle du système a eu lieu en 1992 et elle représente la dernière réalisation du SCF dans la mise en pratique des connaissances sur le comportement des incendies et des expériences de recherche pour

l'amélioration générale de la gestion des incendies de forêt au Canada.

La dérivation technique du système PCI repose sur une base scientifique saine. Elle a été mise au point grâce à des observations réelles et des mesures de nombreux feux expérimentaux, incendies de forêt bien documentés et brûlages dirigés, qui ont été mises en corrélation avec les indices de danger d'incendie ou

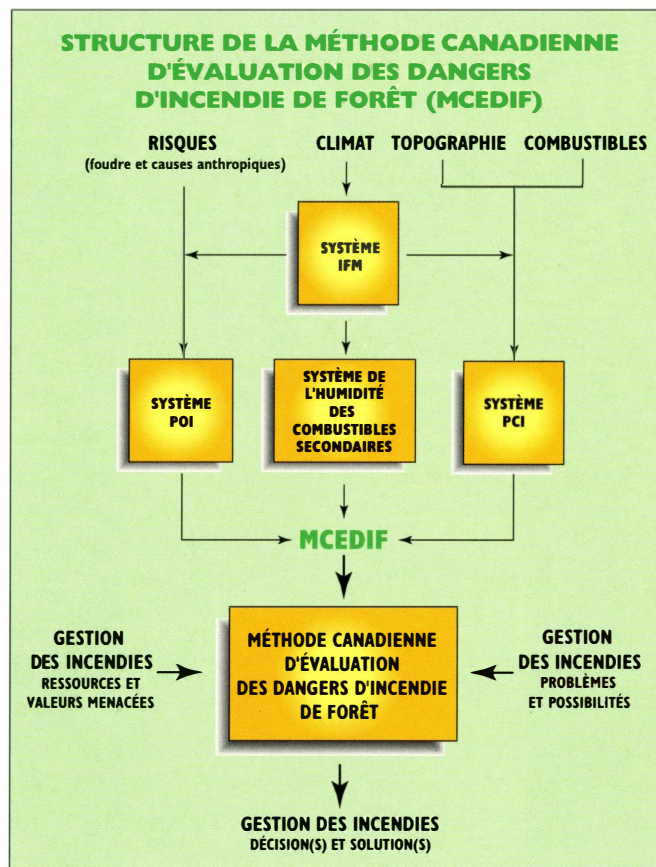


Diagramme simplifié de la MCEDIF.

subsidiaires pour bien interpréter les effets présents et passés de la météo sur l'inflammabilité du combustible. Chaque composante du système IFM transmet une information directe sur certains aspects du potentiel d'incendie de forêt. Par exemple, l'indice ICL fournit une indication utile de la probabilité d'inflammation anthropique, tout comme l'indice IH pour les feux causés par la foudre. Les

les paramètres météo. Le système PCI est unique car il renferme le plus vaste ensemble de données sur les feux de cime au monde.

Le système PCI permet à l'utilisateur de prédire le taux de propagation, la consommation du combustible et l'intensité à la tête, l'arrière ou les flancs des incendies qui poursuivent leur progression après l'inflammation ou qui ont atteint un état stable. Ces caractéristiques sont fixées par la sévérité météo-incendie en vigueur, le type de combustible, l'angle de la pente, le lieu géographique, l'altitude et la date civile. Le système donne aussi une description générale du genre de feu. On utilise un modèle elliptique simple de croissance d'incendie pour estimer la dimension et la forme des incendies naissant d'une source d'inflammation unique par opposition à une ligne de feu établie.

Le système PCI repose sur un petit nombre d'intrants facilement disponibles. À l'heure actuelle, le système reconnaît 16 types de combustible de référence.

Le système PCI, qui a donné d'excellents résultats, recueille la meilleure information disponible sur le comportement des incendies de forêt au Canada. Les gestionnaires d'incendie canadiens sont donc en mesure de prévoir certaines caractéristiques du comportement des incendies avec une assurance raisonnable, pour ce qui est d'une vaste gamme de conditions d'incendie. La réaction générale face au système PCI a été très positive comme en témoignent les sondages effectués à l'échelle du pays, en 1992 et en 1994, par le Comité canadien de gestion des feux de forêts, organisme national chargé de conseiller le gouvernement fédéral quant aux besoins de recherche sur les incendies de forêt.



Les données des stations météo-incendie manuelles et électroniques servent au calcul des composantes du système IFM.

Autres sous-systèmes

L'instauration d'une méthode canadienne de prévision des occurrences d'incendies de forêt (POI) est actuellement à l'étude. Ce sous-système serait conçu à titre d'encadrement national des composantes des incendies causés par l'homme et la foudre. Dans plusieurs provinces et territoires canadiens, on se sert maintenant, sur une base opérationnelle ou expérimentale, de plusieurs approches pour prévoir le nombre d'incendies par région particulière qui sont causés par l'homme et la foudre. Par ailleurs, un certain nombre d'études de recherche sur les principes fondamentaux de l'inflammation et de l'occurrence des incendies sont terminées ou sur le point de l'être.

Le rôle premier du système de l'humidité des combustibles secondaires (SHCS) de la MCEDIF est de compléter ou de soutenir les

applications et exigences spéciales des trois principaux sous-systèmes. Ce sous-système comprend des codes d'humidité spécifique des combustibles qui ne sont pas représentés par les codes standard du système IFM. Il fera l'objet d'ajustements pour tenir compte entre autres des caractéristiques suivantes : topographie, latitude, saison et moment de la journée. Vu la variété des situations propres aux combustibles et des exigences en matière d'évaluation des dangers d'incendie au Canada, le développement du SHCS est un processus en constante évolution.

Applications

La MCEDIF demeure l'un des rares systèmes nationaux d'évaluation des dangers d'incendie. Cela témoigne de la qualité de la recherche et des efforts de transfert technologique du SCF. Chaque jour, on fait des calculs sur les composantes de la MCEDIF à partir des données enregistrées dans plus d'une centaine de stations au Canada. Voici certaines applications de la MCEDIF :

- formation sur le comportement des incendies;
- planification de la prévention (informer le public du danger imminent, contrôler les accès et risques liés à l'utilisation de la forêt par le public et l'industrie, etc.);
- état de préparation (disponibilité opérationnelle et prépositionnement des ressources d'extinction);
- planification de la détection (personnel dans les tours de guet et itinéraires des aéronefs);
- déploiement des mesures d'attaque initiale;
- tactiques et stratégies d'extinction pour les incendies de forêt;
- analyse situationnelle des incendies irréprimés; et

- planification et exécution de brûlages dirigés.

La MCEDIF est de plus en plus employée par d'autres chercheurs et spécialistes de l'environnement pour des applications variant de l'efficacité d'extinction et de la modélisation d'accroissement des incendies à l'analyse des régimes d'inflammabilité et aux impacts potentiels sur le changement climatique.

Bien que la MCEDIF ait été conçue pour être employée au Canada, plusieurs autres pays en ont adopté des modules ou sa philosophie de recherche pour leur propre méthode d'évaluation de dangers d'incendie, dont la Nouvelle-Zélande, les îles Fidji et l'Alaska (É.-U.). On a aussi évalué récemment la méthode canadienne en Croatie, en Chine, en Russie et dans l'État du Michigan (É.-U.).

Systemes d'aide à la décision

Les systèmes de gestion des incendies tirent avantage des progrès réalisés dans le traitement informatique, la cueillette et la transmission à distance des données météo-incendie, la détection automatique de la foudre et les réseaux d'enregistrement. La valeur de telles technologies dépend, en partie, de la capacité de la MCEDIF à intégrer l'information et à fournir aux gestionnaires des données prévisionnelles en temps réel sur les occurrences et le comportement des incendies.

Guidée par des concepts, la MCEDIF traite de la prévision du potentiel d'incendie à partir de mesures météo à source ponctuelle (une station de météorologie forestière). Elle s'occupe principalement des variations météo d'une journée à l'autre, mais tient compte aussi des variations survenant durant la journée. La MCEDIF ne prend pas en considération la variation spatiale des éléments météo entre les points de mesure. C'est ainsi que l'interpolation doit être traitée par des



L'information tirée des feux expérimentaux et des incendies de forêt a permis de développer le système PCI.

modèles et des directives à l'extérieur de la MCEDIF.

Les procédures des prévisions météo-incendie et des prévisions des dangers d'incendie ont été conçues de manière à intégrer les mesures à source ponctuelle des composantes de la méthode. La variation spatiale des combustibles et des terrains présente un problème d'information de gestion d'incendie qui n'est pas traité facilement par une méthode d'évaluation des dangers d'incendie, à moins que celle-ci ne soit reliée à un système d'information géographique qui stocke, met à jour et affiche des renseignements directement utilisables par le gestionnaire. Les systèmes d'information géographique pour la gestion des incendies sont utilisés dans presque toutes les régions du Canada.

Perspectives

Les organismes de gestion d'incendie accroîtront leurs programmes d'application et de formation en fonction des progrès de la MCEDIF. L'amélioration continue de celle-ci incombe au SCF, qui collabore avec bon nombre d'organismes afin de s'assurer que les travaux de recherche, de développement et d'application touchant la méthode se poursuivent de manière opportune et pertinente. Les perfectionnements à venir

dépendront des activités des gens sur le terrain en matière de recherche, d'essai et de rétroaction.

L'utilisation efficace des systèmes de prédiction des occurrences et du comportement des incendies exigera l'amélioration des prévisions météo-incendie, de la cueillette des données et du traitement de l'information. Les aides informatiques à la prise de décision deviendront monnaie courante pour les gestionnaires d'incendie avec les extraits de la MCEDIF formant une partie intégrante de tout nouveau système à base de connaissances. Ce qui est certain, c'est que la méthode canadienne d'évaluation des dangers d'incendie de forêt évoluera afin de tenir compte des besoins des organismes de gestion d'incendie et se traduira par une amélioration notable de l'efficacité de la gestion des incendies de forêt au Canada.

MCEDIF sur Internet :

<http://www.nofc.forestry.ca/fire/cwfis.html>



Marty Alexander, Brian Stocks et Bruce Lawson sont membres du réseau scientifique et technologique de gestion des incendies du SCF. Les auteurs remercient les autres chercheurs du SCF qui ont collaboré à la mise au point de la MCEDIF.